

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日                      2 0 0 2 年 1 1 月 1 8 日  
Date of Application:

出 願 番 号                      特 願 2 0 0 2 - 3 3 4 2 2 6  
Application Number:

パリ条約による外国への出願  
用いる優先権の主張の基礎  
となる出願の国コードと出願  
番号  
The country code and number  
of your priority application,  
to be used for filing abroad  
under the Paris Convention, is

J P 2 0 0 2 - 3 3 4 2 2 6

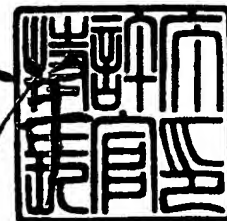
願 人                      株式会社村田製作所  
Applicant(s):

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2 0 0 5 年    6 月    7 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小 川



BEST AVAILABLE COPY

【書類名】 特許願

【整理番号】 20020500

【提出日】 平成14年11月18日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01P 7/08

【発明者】

【住所又は居所】 京都府長岡京市天神二丁目 2 6 番 1 0 号  
株式会社村田製作所内

【氏名】 日高 青路

【発明者】

【住所又は居所】 京都府長岡京市天神二丁目 2 6 番 1 0 号  
株式会社村田製作所内

【氏名】 阿部 眞

【特許出願人】

【識別番号】 000006231

【氏名又は名称】 株式会社村田製作所

【代理人】

【識別番号】 100084548

【弁理士】

【氏名又は名称】 小森 久夫

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2001-384879

【出願日】 平成13年12月18日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013550

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9004875

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 共振器、フィルタ、デュプレクサ、および通信装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基材と、該基材の面に形成された線路とからなる共振器であって、

前記線路を、一周以上周回した形状とし、且つ、該線路の両端を互いに幅方向に近接させたことを特徴とする共振器。

【請求項 2】 前記基材を平面状の基板とし、該基板の一方の面に前記線路が互いに交差しないように、複数の線路を前記基板上の所定点を中心とする略同心状に配置して成る請求項 1 に記載の共振器。

【請求項 3】 前記基材の形状を柱状または筒状とし、該基材の側面に前記線路が互いに交差しないように、複数の線路を軸方向に順次配列して成る請求項 1 に記載の共振器。

【請求項 4】 前記線路は、該線路の途中が分離していて、該分離した個所に線路の端部同士が幅方向に近接する領域を備えたものである請求項 1、2 または 3 に記載の共振器。

【請求項 5】 前記線路の両端の互いに近接する部分でインターディジタルトランスデューサを構成したことを特徴とする請求項 1～4 のいずれかに記載の共振器。

【請求項 6】 前記複数の線路の線路幅および、隣接する線路間を、部分的に、または全体に、当該線路の導体の表皮深さ程度または該表皮深さより細くしたことを特徴とする請求項 2～5 のいずれかに記載の共振器。

【請求項 7】 前記複数の線路の各線路幅を、該複数の線路の配置による線路集合体の幅方向の略中央から両端にかけて次第に細くした請求項 2～6 のいずれかに記載の共振器。

【請求項 8】 前記線路を、薄膜誘電体層と薄膜導体層とを積層して成る薄膜多層電極としたことを特徴とする請求項 1～7 のうちいずれかに記載の共振器。

【請求項 9】 前記複数の線路の互いに隣接する線路間の間隙に誘電体を充

填したことを特徴とする請求項 2～8 のうちいずれかに記載の共振器。

【請求項 10】 請求項 1～9 のうちいずれかに記載の共振器と、該共振器を構成する前記基材上に形成した、前記共振器に結合する信号入出力手段と、を備えたフィルタ。

【請求項 11】 請求項 10 に記載のフィルタを送信フィルタもしくは受信フィルタとして、またはその両方のフィルタとして用いたデュプレクサ。

【請求項 12】 請求項 10 に記載のフィルタまたは請求項 11 に記載のデュプレクサの少なくともいずれか一つを備えた通信装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、無線通信や電磁波の送受信に利用される、たとえばマイクロ波帯やミリ波帯における共振器、フィルタ、デュプレクサ、および通信装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

マイクロ波帯やミリ波帯で用いられる共振器としては、特許文献 1 に記載のヘアピン共振器が知られている。このヘアピン共振器は、直線状の線路による共振器を用いる場合に比べて小型化できるという特徴を備えている。

【0003】

また、薄膜微細加工による平面回路型の多重 C リング共振器が、特許文献 2 に示されている。この多重 C リング共振器は、上記①のヘアピン共振器に比べて高い Q が得られるという特徴を備えている。

【0004】

さらに、特許文献 3 には、薄膜微細加工による平面回路型の多重スパイラル共振器が示されている。この共振器は、各線路に流れる電流分布が同一となるため、ヘアピン共振器に比べて Q のさらに高い共振器が得られる、という特徴を備えている。

【0005】

**【特許文献 1】**

特開昭 62-193302 号公報

**【特許文献 2】**

特開 2000-49512 公報

**【特許文献 3】**

特開 2000-244213 公報

**【0006】****【発明が解決しようとする課題】**

ところが、上記③の多重スパイラル共振器においては、高 Q 動作する共振器が得られるが、薄膜微細加工によるプロセスコストが高価になる、という問題があった。共振器をさらに小型化しようとするれば、ますます微細な加工が要求され、それに伴って製造コストが上昇してしまう。

**【0007】**

この発明の目的は、小型化が容易で、製造コストに見合った高い Q 特性を備えた共振器、フィルタ、デュプレクサ、および通信装置を提供することにある。

**【0008】****【課題を解決するための手段】**

上述の目的を達成するために、この発明に係る共振器は、

基材の面に線路を形成して共振器を構成するが、線路を一周以上周回した形状とし、且つ、線路の両端を互いに幅方向に近接させた構造とする。

**【0009】**

この構造により、線路の両端間の近接部分を容量素子として作用させ、両端開放の半波長共振器として動作させる。また、基板を挟んで上記線路に対向する面に接地電極を不要として、構成要素の極めて少ない構造で、低コスト化を図る。

**【0010】**

また、この発明に係る共振器は、前記基材を平面状の基板とし、該基板の一方の面に線路が互いに交差しないように、複数の線路を基板上の所定点を中心とする略同心状に配置したものとする。これにより、基板を挟んで上記線路に対向する面に接地電極を不要として、構成要素の極めて少ない構造で、低コスト化を図

る。また、各線路の両端を、線路の幅方向に近接させ、線路先端で近接させるよりも大きな容量を生じさせて、共振器の小型化を図る。

#### 【0 0 1 1】

また、この発明に係る共振器は、前記基材の形状を柱状または筒状とし、該基材の側面に線路が互いに交差しないように、複数の線路を軸方向に順次配列したものである。これにより、柱状または筒状を成す構造体へ適用する。

#### 【0 0 1 2】

また、この発明に係る共振器は、前記線路が、該線路の途中で分離していて、該分離した個所に線路の端部同士が幅方向に近接する領域を備えたものとする。これにより、線路周回方向に一周するあいだに複数の容量性領域を構成する。

#### 【0 0 1 3】

前記線路の両端は、互いに近接する部分でインターデジタルトランスデューサを構成してもよい。これにより、各線路の両端の幅方向で近接する部分の距離を短縮化し、共振器全体の小型化を図る。

#### 【0 0 1 4】

また、この発明に係る共振器は、前記複数の線路の線路幅および、隣接する線路間を、部分的に、または全体に、線路導体の表皮深さ程度または表皮深さより細くした構造とする。これにより、表皮効果および縁端効果による電流集中を緩和させ、共振器の導体Qを改善する。

#### 【0 0 1 5】

また、この発明に係る共振器は、前記複数の線路の各線路幅を、複数の線路の配置による線路集合体の幅方向の略中央から両端にかけて次第に細くした構造とする。これにより、縁端効果の厳しい部分での縁端効果による電流集中を緩和し、且つ、縁端効果の少ない部分の電流量を増大させて、共振器の導体Qの効率的な改善を図る。

#### 【0 0 1 6】

また、この発明に係る共振器は、前記線路を薄膜誘電体層と薄膜導体層とを積層してなる薄膜多層電極とする。この構造により、線路の幅方向の縁端効果の緩和とともに、厚み方向についての表皮効果の緩和により、共振器の導体Qをさら

に改善する。

#### 【0017】

また、この発明に係る共振器は、前記複数の線路の互いに隣接する線路間の間隙に誘電体を充填した構造とする。これにより、隣接する線路間の間隙に生じる共振器の容量を増大させ、線路の幅方向で近接する部分の線路長を短縮化し、それにより共振器の小型化を図る。

#### 【0018】

また、この発明に係るフィルタは、上記のいずれかに記載の構成からなる共振器と、その基板上に形成した、共振器に結合する信号入出力手段とを備える。この構造により、小型化および低挿入損失化を図る。

#### 【0019】

また、この発明に係るデュプレクサは、上記フィルタを送信フィルタもしくは受信フィルタとして、またはその両方のフィルタとして用いて構成する。これにより、低挿入損失化を図る。

#### 【0020】

また、この発明に係る通信装置は、上記フィルタ、デュプレクサの少なくともいずれか1つを備えて構成する。これにより、RF送受信部の挿入損失を低減し、雑音特性、伝送速度などの通信品質を向上させる。

#### 【0021】

##### 【発明の実施の形態】

以下、この発明に係る共振器、フィルタ、デュプレクサ、および通信装置の例を各図を参照して説明する。

図1は第1の実施形態に係る共振器の構成を示す図であり、(A)は上面図、(B)は断面図である。図1において1は誘電体基板（以下、単に「基板」と言う。）である。2は基板1の上面に形成した線路である。基板1の線路2の形成面に対向する面（下面）には特に接地電極を形成していない。線路2は、その線路幅が一定であり、一周以上周回した形状にして、その両端を互いに線路の幅方向に近接させている。図中、円で囲んだ部分が、線路の両端を互いに幅方向に近接させた部分を示している。



## 【0022】

図2は上記共振器の動作について示す図である。図2の(A)は線路の両端同士が近接している部分の4つの位置A, B, D, Eと、線路の長手方向の中央位置Cを示している。図2の(B)は、線路の両端同士の近接部分での電界分布を示している。(C)は線路上の電流分布を示している。

## 【0023】

図2の(B)に示すように、線路両端の幅方向に近接する部分に電界が集中する。また、線路の一方の端部付近の側部と、それに近接する他方の端部付近の側部との間にも電界が集中し、これらの部分に容量が生じる。

## 【0024】

電流分布について見ると、(C)に示すように、電流強度は、線路のAからBにかけて急峻に増大し、B～Dの領域において略一定値を保ち、DからEにかけて急激に減少する。両端部は0である。線路の両端部同士が幅方向に近接する領域A～B, D～Eは容量性領域、その他の領域B～Dを誘導性領域と呼ぶことができる。この容量性領域と誘導性領域とにより共振動作する。すなわち、この共振器を集中定数回路のように見なせばLC共振回路を構成している。

以下、このように、一周以上周回した形状で、且つ、その両端が互いに幅方向に近接した構造の線路を「ステップリング」と言う。

## 【0025】

図3は、第2の実施形態に係る共振器の構成を示す図である。(A)は上面図、(B)は断面図である。図1に示した共振器では、基板上に単一の線路を形成することによって共振器を構成したが、この図3に示す例では、基板1の上面に3つの線路2a, 2b, 2cによる線路集合体を形成している。基板1の下面には、特に接地電極を形成していない。この基板の下面に特に接地電極を形成していないことは、以降に示す各実施形態に共通である。各線路は、それらの両端同士が互いに幅方向に近接して、その部分に容量性領域を構成している。すなわち3つ線路2a, 2b, 2cはそれぞれステップリングを構成している。3つの線路2a, 2b, 2cは互いに交差しないように、基板1の所定点を中心とする略同心円状に配置している。(以下、この線路集合体を「多重ステップリング」と

言う。) このように、3つの線路 2 a, 2 b, 2 c の集合体と基板 1 とによって 1 つの共振器を構成している。

#### 【0 0 2 6】

上記容量性領域以外の誘導性領域においては、ある線路とそれに隣接する他の線路とが近接しているにもかかわらず容量はほとんど生じない。すなわち、図 2 の (B) に示したように、正電荷と負電荷は線路の端部 (容量性領域) に集中し、誘導性領域では電荷は 0 になっている。電荷が 0 であれば、隣接する線路間で変位電流が流れないので容量は生じない。したがって、このように複数のステッピングを多重化しても容量性領域と誘導性領域としての機能をそれぞれ保つことができる。

#### 【0 0 2 7】

なお、この例では、線路 2 a, 2 b, 2 c の容量性領域同士がそれぞれ互いに近接するように、それぞれの線路を配置している。

#### 【0 0 2 8】

この共振器の作用・効果は次のとおりである。

- (1) 各線路は、両端開放の半波長共振器として作用する。
- (2) 各線路の先端部に正と負の電荷が発生し、この線路両端の近接部が容量素子として作用する。
- (3) 基板の同一面上で容量が形成されるため、裏面 (下面) に接地電極が無くても共振動作する。
- (4) 各線路の持つ容量に応じて、各線路に流れる電流強度が定まる。
- (5) 各線路の電流は、円形 T E 0 1  $\delta$  モードに類似した磁界分布を誘導する。すなわち r z 面で一周回り、軸対称状に磁界が分布する。
- (6) 隣接する線路に略同位相の電流が流れるため、線路の多重化によって電流が分配され、その分配される電流分布により縁端効果が緩和される。この縁端効果の緩和により、導体 Q が改善される。
- (7) 各ステッピングの容量性領域が、或る直線上に揃って近接しているため、パターン上の局所的な領域に共振器の容量が集中する。このため、容量性部分と誘導性部分の機能分担がより明確となる。したがって、この共振器を利用する

他の回路との結合の設計が容易となる。

#### 【0029】

図4は、第3の実施形態に係る共振器の構成を示す図である。(A)は上面図、(B)は断面図である。

この例では、ある線路の一端と、それに隣接する他の線路の一端とが、所定間隙を隔てて向き合うように配置している。このパターンは、一本のスパイラル状の線路を、途中の所定箇所(図中Gで示す部分)で部分的に切断して得られるものに等しい。各線路は、それぞれステップリングを構成するため、ステップリングの容量性領域は、隣接するステップリング間で少しずつずれた位置に形成されることになる。

#### 【0030】

この構造によれば、多重ステップリングの容量性領域が1箇所集中しないので、限られた占有面積内に線数の多い多重ステップリングを配置でき、全体に小型化できる。

また、各線路の全長に亘って、隣接する線路(ステップリング)同士の間隙が大きくならないため、線路の全体にわたって縁端効果を緩和することができ、その分、Qの劣化を防止できる。

#### 【0031】

次に、以上の各実施形態で示した共振器における多重ステップリングによる共振器と、比較例である多重スパイラル共振器の解析結果を示す。

図5の(A)は、共振器のr z面の片側断面を示している。ここで1は基板、2はその上面に形成した線路、3は遮蔽キャビティである。線路2の構造寸法は次のとおりである。

#### 【0032】

内半径  $r_a = 250 \mu\text{m}$

外半径  $r_b = 1000 \mu\text{m}$

線路幅  $L_o = 1.5 \mu\text{m}$

線路間隔  $S_o = 1.5 \mu\text{m}$

線路の膜厚  $t = 5 \mu\text{m}$

線路数  $n = 250$  本

図 5 の (B) は、線路の半径方向の位置における各部の電流分布を示している。ここで(1) は多重ステップリング共振器の電流分布、(2) は多重スパイラル共振器の電流分布である。この多重スパイラル共振器は、特開 2 0 0 0 - 2 4 4 2 1 3 に開示した、複数のスパイラル状線路の集合体から成る共振器である。

### 【0 0 3 3】

ここで、各線路に流す強制電流は次のとおりである。

### 【0 0 3 4】

(1) 多重ステップリング共振器

電流数列  $i_k = 4$  [mA]

合計電流  $I = 1$  [A]

(2) 多重スパイラル共振器

電流数列 (図 5 の (B) に示すとおり)

最大値 = 約 8 [mA]

最小値 = 0 [A]

平均値 = 4 [mA]

合計電流  $I = 1$  [A]

このように多重ステップリング共振器の各線路に流れる電流はすべて同一であるのに対し、多重スパイラル共振器における線路には、半径方向の位置に応じて両端が 0 で、中央部から外側寄りの位置でピークとなる山形の電流分布となる。このように、多重ステップリング共振器では、各線路に流れる電流が一定であるので、線路集合体全体としての導体損失が低く抑えられ、Q の高い共振器が得られる。

### 【0 0 3 5】

次に、上記共振器の導体 Q、磁界エネルギー、インダクタンスについての計算結果を示す。

### 【0 0 3 6】

まず磁界蓄積エネルギーは、

$$W_m = L I^2 / 2$$

合計電流（実効値）は、

$$I = \sum i_k \quad (k=1 \sim n)$$

上記 2 式より、共振器のインダクタンスは

$$L = 2 W_m / I^2$$

と表される。各共振器の解析結果は次のとおりである。

#### 【 0 0 3 7 】

(1) 多重ステップリング共振器

導体  $Q_c = 250$

磁界エネルギー  $W_m = 1.96 \text{ nJ}$

インダクタンス  $L = 0.98 \text{ nH}$

(2) 多重スパイラル共振器

導体  $Q_c = 219$

磁界エネルギー  $W_m = 3.17 \text{ nJ}$

インダクタンス  $L = 1.58 \text{ nH}$

多重ステップリング共振器の容量性領域の寸法設計は、次のとおりである。

#### 【 0 0 3 8 】

共振周波数  $2 \text{ GHz}$  の共振器を設計する場合、インダクタンス  $0.98 \text{ nH}$  より、必要容量は  $6.45 \text{ pF}$  となる。線路間隙  $1.5 \mu\text{m}$  における実効比誘電率を  $40$  とすると、 $6.45 \text{ pF}$  に対応する容量性領域の合計長さは  $5.47 \text{ mm}$  となる。これを  $250$  本の各ステップリングで均等分配する場合、1つあたりの容量性領域の長さは、 $W_g = 5.47 \text{ mm} / 250 = 21.9 \mu\text{m}$  となる。

#### 【 0 0 3 9 】

図 6 は、第 4 の実施形態に係る共振器の構成を示す図である。この例では、図 4 に示したものと同様に、3つの線路  $2a$ 、 $2b$ 、 $2c$  がそれぞれステップリングを構成しているが、線路  $2b$  については、図中の円で示すように、両端を櫛形パターンを相互に噛み合わせた形状のインターディジタルトランスデューサ（IDT）を構成している。

#### 【 0 0 4 0 】

このような構造により、限られた面積の IDT 部分で大容量が得られる。その

ため、所定共振周波数を得るための線路長が短縮化でき、全体に小型化が図れる。また、隣接するステップリングとの間隙が大きくなるため、線路の全体にわたって縁端効果を緩和することができ、その分、Qの劣化を防止できる。

#### 【0041】

また、線路集合体の幅方向の中央（3つの線路の場合、その中央の線路）の線路幅2bに対して両端の線路2a, 2cを相対的に細くしたことにより、縁端効果の厳しい部分の縁端効果を効率的に抑制できる。

#### 【0042】

次に、第5の実施形態に係る共振器の構成を図7～図9を参照して説明する。

#### 【0043】

第1～第4の実施形態では、単一の線路または複数の線路をそれぞれ一周以上周回した形状とし、各線路の両端付近同士を幅方向に近接させたが、各線路は必ずしも一周以上周回させる必要はなく、例えば図7に示すように、各線路を一周に満たない範囲を周回した形状としてもよい。換言すると、一周する線路の途中を分離して、該分離した個所に線路の端部同士が幅方向に近接する領域を備えた形状としてもよい。これにより、一周する間に2つ以上の容量性領域を持つようになる。図7の(A)に示す例では、誘電体基板1の表面に2a, 2bで示す2つの線路をそれぞれ半周以上周回した形状としている。同様にして一周する間に3つの容量性領域を持つように各線路を1/3周を越える程度の角度範囲を周回した形状としてもよい。このように、一周に満たない範囲を周回した複数の線路の端部同士を幅方向に近接させた構造の線路も以下「ステップリング」と言う。

#### 【0044】

図7の(A)では、図1に示した共振器の場合と同様にステップリングとしての作用効果を奏する。但し、1つの線路が両端開放の半波長共振器として作用するので、この図7の(A)に示す例では、2つの線路で一周する間に2つの容量性領域が生じる。

#### 【0045】

図7の(B)は、図7の(A)に示した複数の線路によって1組のステップリングを構成し、それを同心円状に2組配置して多重化したものである。このよう

に、一周に満たない範囲を周回した複数の線路の端部同士を幅方向に近接させた構造のステップリングを複数組配置して多重化してもよい。この場合にも、図4に示した実施形態の場合と同様に、線路全体にわたって縁端効果を緩和することができ、その分Qの劣化を防止できる。

#### 【0046】

図8は、図7の(B)に示した共振器の動作について示す図である。図8の(A)は隣接する線路間の電界分布および線路上の電流の方向の例について示している。図8の(B)は(A)におけるA-A部分の断面において線路周囲の磁界分布を示している。この図に示すように、各線路の端部付近で、隣接する線路に対して幅方向(線路の幅方向)に近接する箇所に電界が集中する。すなわち、隣接する線路の端部同士が線路幅方向に近接する領域が容量性領域、それ以外の線路の領域が誘導性領域として作用する。

#### 【0047】

また、図9は、4つの線路からなるステップリングを4組配置した例である。図9において、線路(2a, 2b, 2c, 2d)が第1のステップリングを成し、線路(2e, 2f, 2g, 2h)が第2のステップリングを成し、線路(2i, 2j, 2k, 2l)が第3のステップリングを成す。

#### 【0048】

このような共振器における容量性領域の特徴は、各線路が一周以上に亘って周回したものと同様に、容量性領域が線路の周回方向に対して占める割合が小さい程、集中定数的容量として機能し、それ以外の線路部分には節・腹のない電流が分布する。また、線路に流れる電流は、各線路周回方向で見た時、同じ方向に流れる。各電流によって誘導される磁界ベクトルは相互誘導することにより、磁界エネルギーを効率よく蓄積する。

#### 【0049】

このように、各線路に分散して電流が流れるため、マイクロストリップ線路に見られるような縁端効果が抑圧され、導体損失が低減される。

また、線路周回方向に複数の容量性領域が分割配置されることになるため、次のような効果を奏する。

## 【0050】

すなわち、ミリ波帯へ適用するために高周波化設計を行う場合、基板上における多重ステップリング共振器の大きさ（これは略円形を成す共振器形成領域の直径や共振器の占有面積で表される。）が一定の条件下で容量性領域の寸法が短く設計されるが、その際、微細加工による寸法公差が厳しくなる。しかし、この実施形態では、線路周回方向に一周する間に複数の容量性領域を持つように複数の線路を構成することによって容量性領域を分割配置している。その結果、その分割した容量は直列接続の関係となり、容量性領域1つ当たりの容量は大きくなるように設計できる。

## 【0051】

例えば、容量性領域を2分割した場合（線路周回方向に一周する間に2つの容量性領域を持つように複数の線路を形成した場合）、各容量性領域の容量をC1、C2とすれば、合成容量値Cは、

$$C = 1 / (1 / C1 + 1 / C2) \text{ となる。}$$

## 【0052】

また、容量性領域が3分割し、それぞれの容量をC1、C2、C3とすれば、合成容量値Cは、

$$C = 1 / (1 / C1 + 1 / C2 + 1 / C3) \text{ となる。}$$

## 【0053】

次に、第6の実施形態に係る共振器の構成を図10、図11に示す。図10の(A)は上面図、(B)は断面図、(C)は(A)における円部分の拡大図、(D)は(A)におけるA-A'部分の断面図である。図11は、共振器の多重ステップリング各部の拡大図である。但し、図10の(C)、(D)では、図面の視認が可能なように、線路数を少なく描いている。

## 【0054】

ここで、基板1の上面に形成した線路2は、多重ステップリングを構成している。その基本構造は図4に示したものと同様である。但し、この図10に示す例では、複数の線路の配置による線路集合体の幅方向(A-A'方向)の略中央から両端にかけて、線路幅を次第に細くしている。多重ステップリングの内周部と



外周部（上記線路集合体の幅方向の両端付近）の線路幅、およびすべての線路間隔は線路導体の表皮深さ程度またはそれより細く微細加工している。たとえば銅（導電率約  $53 \text{ MS/m}$ ）は、周波数  $2 \text{ GHz}$  で約  $1.5 \mu\text{m}$  の表皮深さをもつので、上記内周部および外周部の線路幅と各線路間隔を  $1.5 \mu\text{m}$  以下としている。

#### 【0055】

このように、線路集合体の幅方向の両端付近および各線路間隔を表皮深さ以下の寸法にしたことにより、線路集合体の縁端部における表皮効果を効率良く緩和できる。また、線路集合体の幅方向の略中央部の線路幅を太くしたことにより、縁端効果の少ない部分の電流量を増大させることができる。その結果、導体Qが改善できる。

#### 【0056】

また、この例では、多重ステップリングの各ステップリングを四角形のパターンとしたことにより、それを円形パターンとした場合に比較して、共振磁界エネルギーを保持するための開口面積が大きくなる。したがって、その分、占有面積の縮小化が図れる。しかも、四角形の角部にR（ラウンド）を付けたため、線路の途中にエッジ部が生じることがなく、電流集中が緩和され、導体Qの低下が生じない。

#### 【0057】

次に、第7の実施形態に係る共振器の構成を図12に示す。この共振器の線路も多重ステップリングを構成していて、その基本構造は図7の（B）に示したものと同様である。但し、この図12に示す例では、複数の線路配置による線路集合体の幅方向の略中央から両端にかけて線路幅をしだいに細くしている。なお、この図12に示す例では、2つの容量性領域を持つステップリングを4組組み合わせ合わせて合計8つの容量性領域を構成している。すなわち、線路（2a, 2b）が第1のステップリングを成し、線路（2c, 2d）が第2のステップリングを成し、線路（2e, 2f）が第3のステップリングを成し、線路（2g, 2h）が第4のステップリングを成す。

#### 【0058】

多重ステップリングの内周部と外周部の線路幅、およびすべての線路間隔は線路導体の表皮深さ程度またはそれより細く微細加工している。この構成により、図10に示した共振器の場合と同様に、線路集合体の縁端部における表皮効果を効率よく緩和でき、また、全体の導体Qが改善できる。

#### 【0059】

なお、以上に示した、複数の線路の配置による線路集合体を構成して共振器のQを向上させるためには、線路上に流れる電流を上手く分配する必要がある。この発明では、各線路の容量性領域の容量によって、各線路に流れる電流を制御する。その設計要件として次のものが挙げられる。

#### 【0060】

(1) 表皮効果、縁端効果による導体損失の本質は電流が偏って表面や縁端部に電流が集中することにあるので、その集中する電流を平坦な振幅に分散させて、同時に磁界エネルギーの疎密分布を平坦化させる。

#### 【0061】

(2) 最適設計の問題は、電流振幅の分布および磁界エネルギーの疎密分布に応じて分割する各線路の幅を設定し、且つ適切な電流振幅の配列を与える問題である。

#### 【0062】

(3) 言い換えると、単に均等な線幅で線路を微細線幅に分割しただけではQが改善されるとは限らない。電流の配列によっては分割する前の単線よりも損失が増大する場合もある。また、電流を最適な配列に分布させるための制御機能を線路が備えていなければならない。

#### 【0063】

しかし、その最適解を1つの関数で表すことはできず、反復計算によって「よりよい」設計を求めることになる。そのための主要な設計要件は次のとおりである。

#### 【0064】

(1) 電流経路に垂直な断面で見た時に多線構造となり、その縁端部で線路の幅を単調減少させて配置し、FEMシミュレータによる反復計算で最適な電流配列

を求める。

#### 【0065】

(2) 最適な電流配列を求めるために、各線路に結合する容量の配列を求める。この容量配列を求める問題は、各線路の自己インダクタンスと線路間の相互インダクタンスによってできるインダクタンス行列と、所望の容量配列を対角成分とする容量行列を組み合わせて計算される特性行列が所望の電流配列を固有ベクトルとして持つようにする、という固有値問題の形式となる。定性的には容量に応じて対応する線路の電流が増減するという特性によって容量配列が設定される。

#### 【0066】

次に、第8の実施形態に係る共振器の構成を図13に示す。(A)～(D)は、それぞれ基板と線路部分の拡大断面図である。(A)は比較例として示している。すなわち、(A)に示す共振器は、基板1の上面に、図10、図11に示したような多重ステップリングを線路2によって構成している。(B)は、線路2を、薄膜誘電体層と薄膜導体層とを交互に積層してなる薄膜多層電極で構成したものである。このように薄膜多層電極により線路を構成したことにより、線路の上下からの磁界侵入による表皮効果を緩和し、基板と線路との界面および空気と線路との界面の導体Qを改善することができる。

#### 【0067】

図13の(C)に示す例は、複数の線路の互いに隣接する線路間の間隙に誘電体4を充填したものである。この構造により、ステップリングの容量性領域の容量が増大し、容量性領域における線路両端の近接部の寸法を短縮化でき、共振器全体の小型化が図れる。

#### 【0068】

図13の(D)は、各線路を薄膜多層電極にするとともに、線路間を誘電体4で充填したものである。このような構造により、上記薄膜多層化による効果と誘電体充填による効果の双方を奏する。

#### 【0069】

次に、第9の実施形態に係る共振器について図14、図15を参照して説明する。

図14の(A)は共振器の正面図、(B)はその左側面図、(C)はこの共振器に設けた複数の線路のうち1つの線路の形状を示す斜視図である。ここで、11は円柱形状の誘電体基材である。この基材11の側面に複数の線路2を形成している。これらの複数の線路のうち、各線路は(C)に示すように基材11の側面に沿って一周以上周回させ、その両端を互いに幅方向に近接させている。この例では、すべての線路2が同一パターンであり、隣接する線路同士が重ならないようにステップリングの容量性領域を線路の周回方向に少しずつずらせて複数の線路2を配置している。

#### 【0070】

この共振器は、平面上の基板に線路を形成した言わば平面座標系の共振器を、円柱側面(円筒面)に線路を形成した言わば円柱座標系の共振器にしたものである。したがって、その作用効果は図4に示した共振器の場合と同様である。但し、図4に示したように、平面上の基板に複数の線路を配置した場合には、容量性領域の寸法設計に半径依存性があるが、この図14に示した例では、各線路の半径が一定であるので、複数の線路を配置して生じる電磁界および電流の分布の対称性が良いと特徴を備えている。

#### 【0071】

図15において(A)は共振器の正面図、(B)はその左側面図、(C)はこの共振器に設けた複数の線路のうち1つの線路の形状を示す斜視図である。ここで、各線路2は線路周回方向に一周する間に2つの容量性領域を持つように複数の線路を形成している。この共振器は、図7の(B)に示したものを、平面座標系から円柱座標系に変形したものに相当する。

なお、図14、図15に示した例では円柱形状の基材を用いたが、絶縁性または誘電性を有する円筒状の基材に線路を形成してもよい。

#### 【0072】

次に、第11の実施形態としてフィルタの構成例を図16に示す。図16の(A)はキャビティを取り除いた状態での上面図、(B)はフィルタの断面図である。図16において、1は基板であり、その上面に3つの共振器7a, 7b, 7cを配列形成している。これらの共振器は図10および図11に示したものと同

様である。また、基板 1 の上面には、両端の共振器 7 a, 7 c に磁界結合する結合ループ 5 を形成している。さらに、基板 1 の上面には、この基板 1 の上部に被せる遮蔽キャビティ 3 が導通する接地電極 6 を形成している。上記結合ループ 5 は、その一端を接地電極 6 に接続し、他端をキャビティ外に引き出すように形成している。

#### 【0073】

3つの共振器 7 a, 7 b, 7 c は、隣接する共振器間で、電流の相互誘導により磁界結合する。また、共振器 7 a, 7 c と結合ループ 5, 5 との間も電流の相互誘導により磁界結合する。したがって、このフィルタは、順に結合した 3 段の共振器により帯域通過特性を示す。その際、各段の共振器の Q は高いため、低挿入損失特性が得られる。

#### 【0074】

図 17 は、第 12 の実施形態に係るフィルタの構成を示す図である。この例では、基板 1 の上面に共振器 7 b を形成し、基板 1 の下面に 2 つの共振器 7 a, 7 c を形成している。この 3 つの共振器 7 a, 7 b, 7 c は、隣接する共振器の平面位置が部分的に重なるように配置している。また、共振器 7 a, 7 c と 2 つの結合ループ 5 の平面位置も部分的に重なるように配置している。

#### 【0075】

このような構造により、図 16 に示した場合より基板 1 の寸法を小型化でき、フィルタ全体の小型軽量化が図れる。

#### 【0076】

次に、第 13 の実施形態に係るフィルタの構成を図 18 および図 19 を参照して説明する。

図 18 の (A) はキャビティを取り除いた状態での上面図、(B) はその下面図、(C) は (A) における A-A 部分の断面図である。図 18 において 1 は基板であり、その上面に共振器 7 b を形成している。基板 1 の下面には 2 つの共振器 7 a, 7 c を形成している。これらの共振器は図 3 または図 4 に示したものと同様である。但し、図 18 においては、図の煩雑化を避けるため、容量性領域を線路の白抜き (アウトライン) 部分で表している。実際には、図 3 または図 4 に

示したように各線路の両端付近同士が幅方向に近接してステップリングを構成している。各ステップリングの容量性領域は、図4のように少しずつずらせて配置している。または図3のように互いに近接配置している。

#### 【0077】

また、図18において、基板1の上面に形成した共振器7bは共振器の全体形状を長円形としている。例えば、図19に示すように、各線路を略長円形をなすように配置する。図19に示した例では、線路2a, 2b, 2cによる3つのステップリングを配置している。

#### 【0078】

さて、図18に示した共振器7a, 7b, 7cは、隣接する共振器間で、電流の相互誘導によって磁界結合する。ここで、共振器7aを1段目の共振器、共振器7bを2段目の共振器、共振器7cを3段目の共振器とすると、2段目の共振器7bを長円形としたことにより、1段目と2段目の共振器間の段間結合、および2段目と3段目の共振器間の段間結合をそれぞれ強くしている。また、この例では、1段目と3段目の共振器7a-7c間も結合（とび結合）するため、1段目と3段目がとび結合した3段の共振器からなるフィルタとして作用する。このとび結合の大きさを制御することによって、通過帯域の近傍に現れる減衰極の周波数を調整することができる。

#### 【0079】

次に、第14の実施形態としてデュプレクサの構成を図20に示す。図20はデュプレクサのブロック図である。ここで、送信フィルタと受信フィルタは、それぞれ図16、図17、図18などに示した構成からなる。送信フィルタと受信フィルタの通過帯域は、それぞれの帯域に合わせて設計する。また、送受共用端子としてのアンテナ端子への接続は、送信信号の受信フィルタへの回り込みおよび受信信号の送信フィルタへの回り込みを防止するように位相調整する。

#### 【0080】

図21は、第15の実施形態に係る通信装置の構成を示すブロック図である。ここで、デュプレクサとしては図20に示した構成のものをを用いる。回路基板上には、送信回路と受信回路を構成し、デュプレクサの送信信号入力端子に送信回

路が接続され、デュプレクサの受信信号出力端子に受信回路が接続され、且つアンテナ端子にアンテナが接続されるように、上記回路基板上にデュプレクサを実装する。

#### 【 0 0 8 1 】

##### 【発明の効果】

この発明によれば、線路を一周以上にわたる範囲または一周に満たない範囲を周回した形状とし、且つ、該線路の端部を自己の線路または隣接する他の線路の端部に対して線路幅方向に近接させたため、線路の端部同士の近接部分の容量が増し、共振器の小型化が図れる。また、基板を挟んで上記線路に対向する面に接地電極が不要であるため、極めて構成要素の少ない構造で、低コスト化が図れる。

#### 【 0 0 8 2 】

また、この発明によれば、前記基材を平面状の基板とし、該基板の一方の面に線路が互いに交差しないように、基板上の所定点を中心とする略同心状に配置したものとしたことにより、基板に対する線路の形成が容易となり、低コスト化が図れる。また、各線路の両端を、線路の幅方向に近接させ、線路先端で近接させるよりも大きな容量を生じさせて、共振器の小型化が図れる。

#### 【 0 0 8 3 】

また、この発明によれば、前記基材の形状を柱状または筒状とし、該基材の側面に線路が互いに交差しないように、複数の線路を軸方向に順次配列したものとしたことにより、柱状または筒状を成す構造体への適用が可能となる。

#### 【 0 0 8 4 】

また、この発明によれば、線路両端の互いに近接する部分でインターディジタルトランスデューサを構成したことにより、各線路両端の幅方向で近接する部分の距離が短縮化され、共振器全体の小型化が図れる。

#### 【 0 0 8 5 】

また、この発明によれば、複数の線路の線路幅および、隣接する線路間を、部分的に、または全体に、線路導体の表皮深さ程度または表皮深さより細くしたため、表皮効果および縁端効果による電流集中が緩和し、共振器の導体Qがいつも

う改善できる。

【0086】

また、この発明によれば、複数の線路の各線路幅を、複数の線路の配置による線路集合体の幅方向の略中央から両端にかけて次第に細くしたことにより、縁端効果の厳しい部分での縁端効果による電流集中が緩和され、且つ、縁端効果の少ない部分の電流量が増大して、共振器の導体Qの効率的な改善が図れる。また、全ての線路を細くする場合に比べてパターン形成が容易になる。

【0087】

また、この発明によれば、線路を、薄膜誘電体層と薄膜導体層とを積層してなる薄膜多層電極としたことにより、線路の幅方向の縁端効果の緩和とともに、厚み方向についての表皮効果の緩和により、共振器の導体Qをさらに改善できる。

【0088】

また、この発明によれば、複数の線路の互いに隣接する線路間の間隙に誘電体を充填したことにより、隣接する線路間の間隙に生じる共振器の容量が増大し、線路の幅方向で近接する部分の線路長が短縮化され、それにより共振器の小型化が図れる。

【0089】

また、この発明によれば、小型・低挿入損失なフィルタおよびデュプレクサが得られる。

【0090】

また、この発明によれば、RF送受信部の挿入損失が低減され、雑音特性、伝送速度などの通信品質が高い通信装置が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 第1の実施形態に係る共振器の構成を示す図

【図2】 同共振器の線路両端部付近の電界分布および線路上の電流分布を示す図

【図3】 第2の実施形態に係る共振器の構成を示す図

【図4】 第3の実施形態に係る共振器の構成を示す図

【図5】 同共振器の電流分布を示す図



【図 6】 第 4 の実施形態に係る共振器の構成を示す図

【図 7】 第 5 の実施形態に係る共振器の構成を示す図

【図 8】 同共振器の電界分布および電流の方向の例を示す図

【図 9】 第 5 の実施形態に係る他の共振器の線路パターンの例を示す図

【図 1 0】 第 6 の実施形態に係る共振器の構成を示す図

【図 1 1】 同共振器における多重ステップリング各部の拡大図

【図 1 2】 第 7 の実施形態に係る共振器の線路パターンの例を示す図

【図 1 3】 第 8 の実施形態に係る共振器における線路の断面構造を示す図

【図 1 4】 第 9 の実施形態に係る共振器の構成を示す図

【図 1 5】 第 1 0 の実施形態に係る共振器の構成を示す図

【図 1 6】 第 1 1 の実施形態に係るフィルタの構成を示す図

【図 1 7】 第 1 2 の実施形態に係るフィルタの構成を示す図

【図 1 8】 第 1 3 の実施形態に係るフィルタの構成を示す図

【図 1 9】 同フィルタの形成する線路パターンの例を示す図

【図 2 0】 第 1 4 の実施形態に係るデュプレクサの構成を示すブロック図

【図 2 1】 第 1 5 の実施形態に係る通信装置の構成を示すブロック図

【符号の説明】

1 - 基板

2 - 線路

3 - 遮蔽キャビティ

4 - 誘電体

5 - 結合ループ

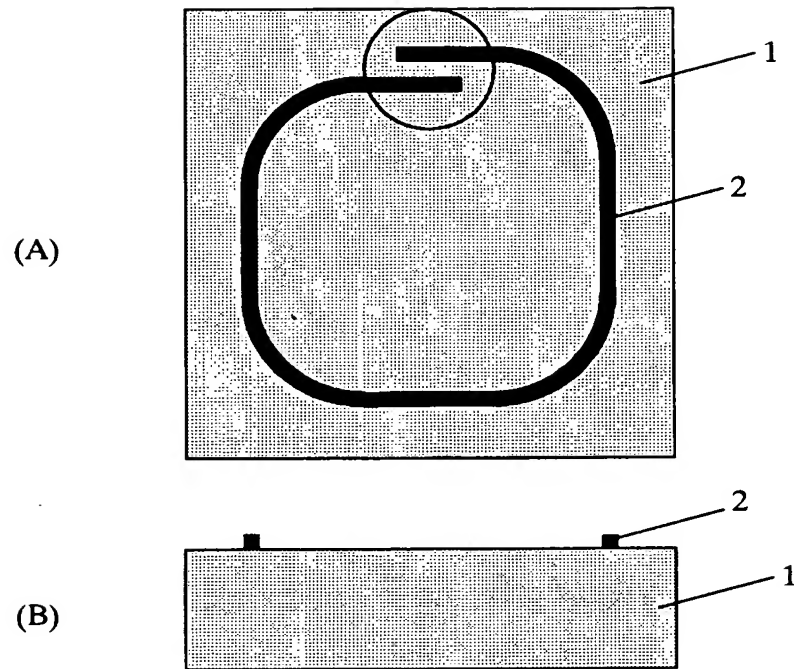
6 - 接地電極

7 - 共振器

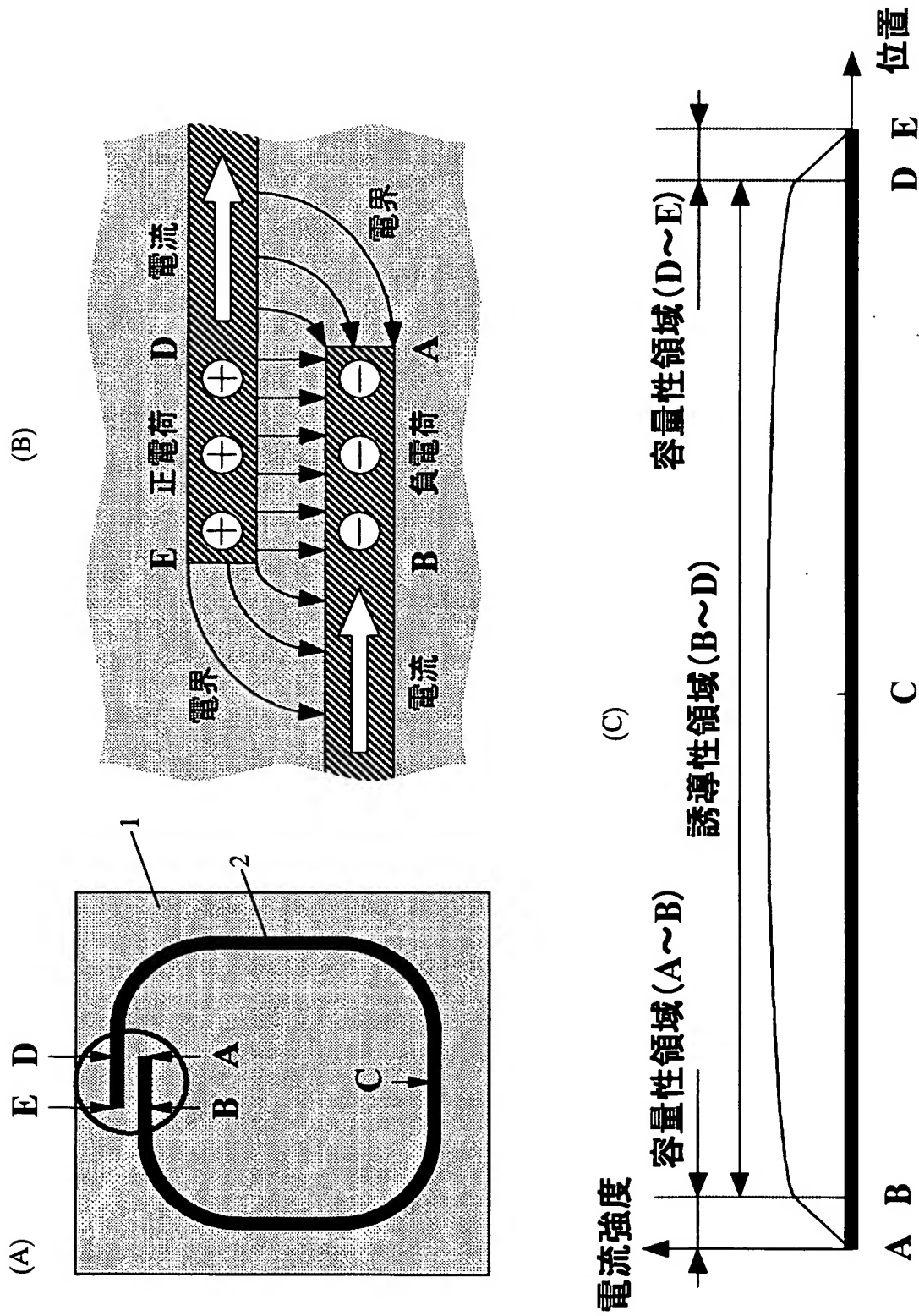
1 1 - 基材

【書類名】 図面

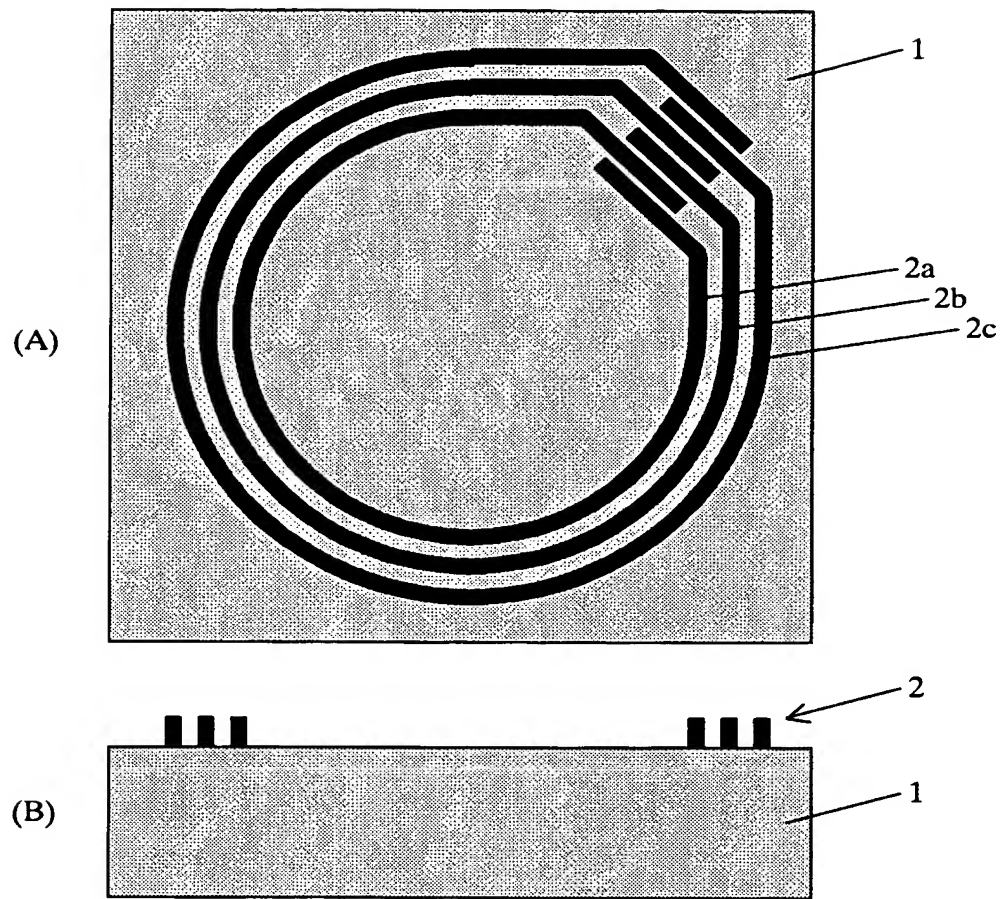
【図 1】



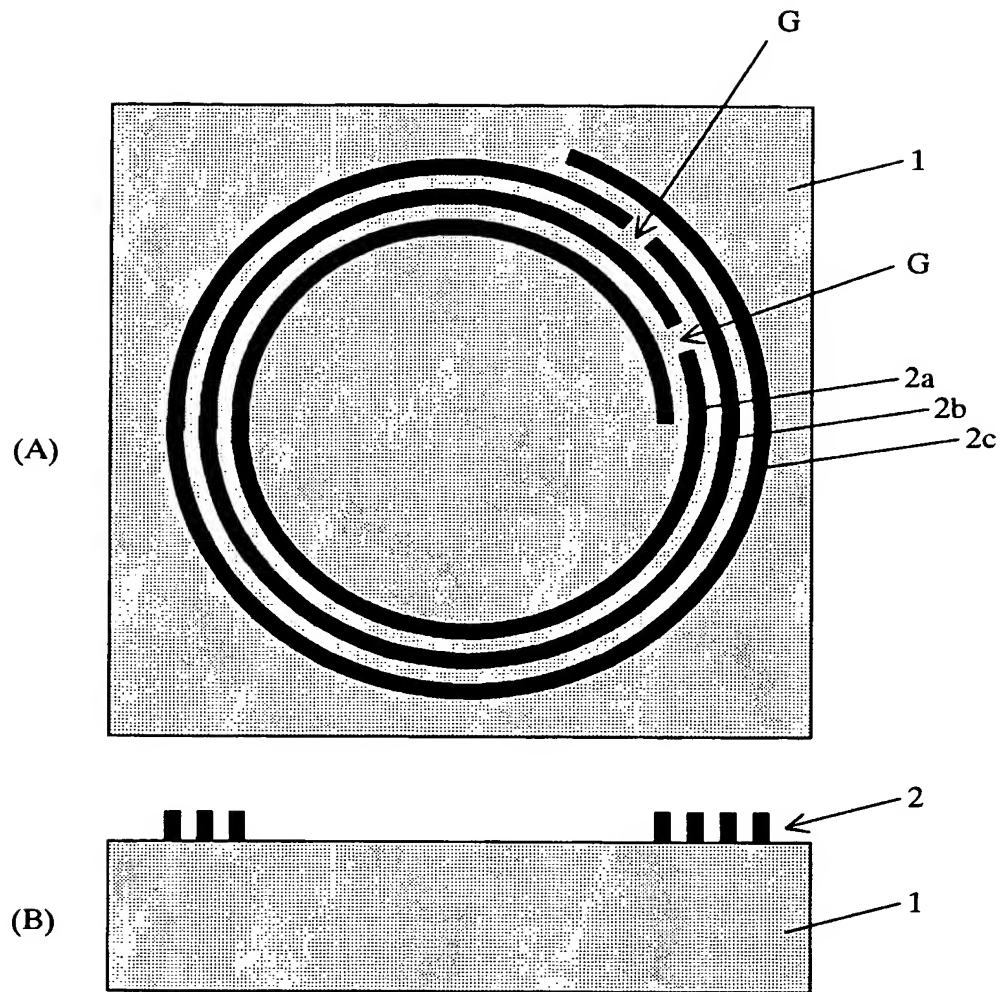
【図 2】



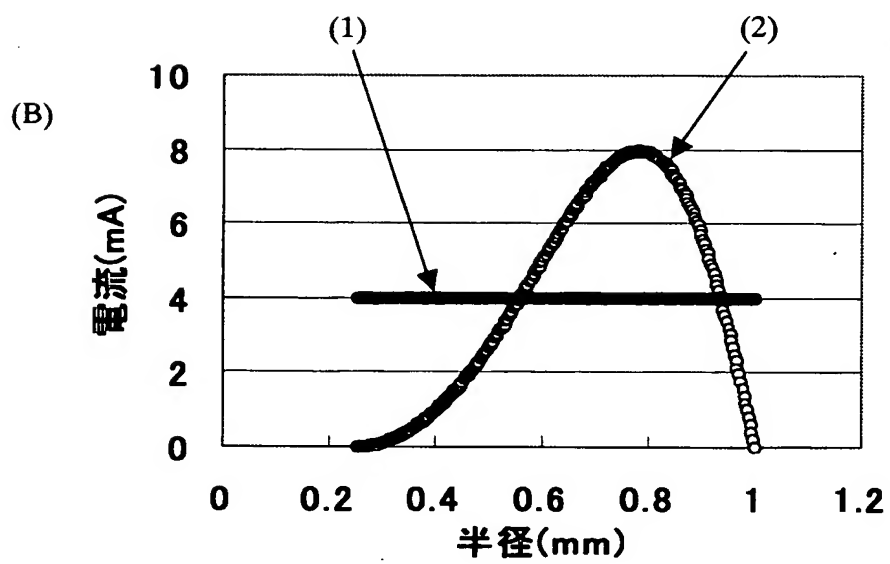
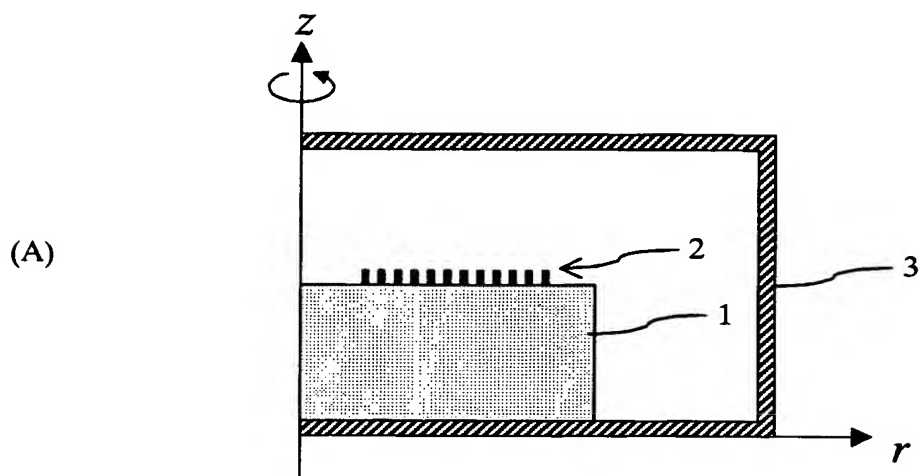
【図 3】



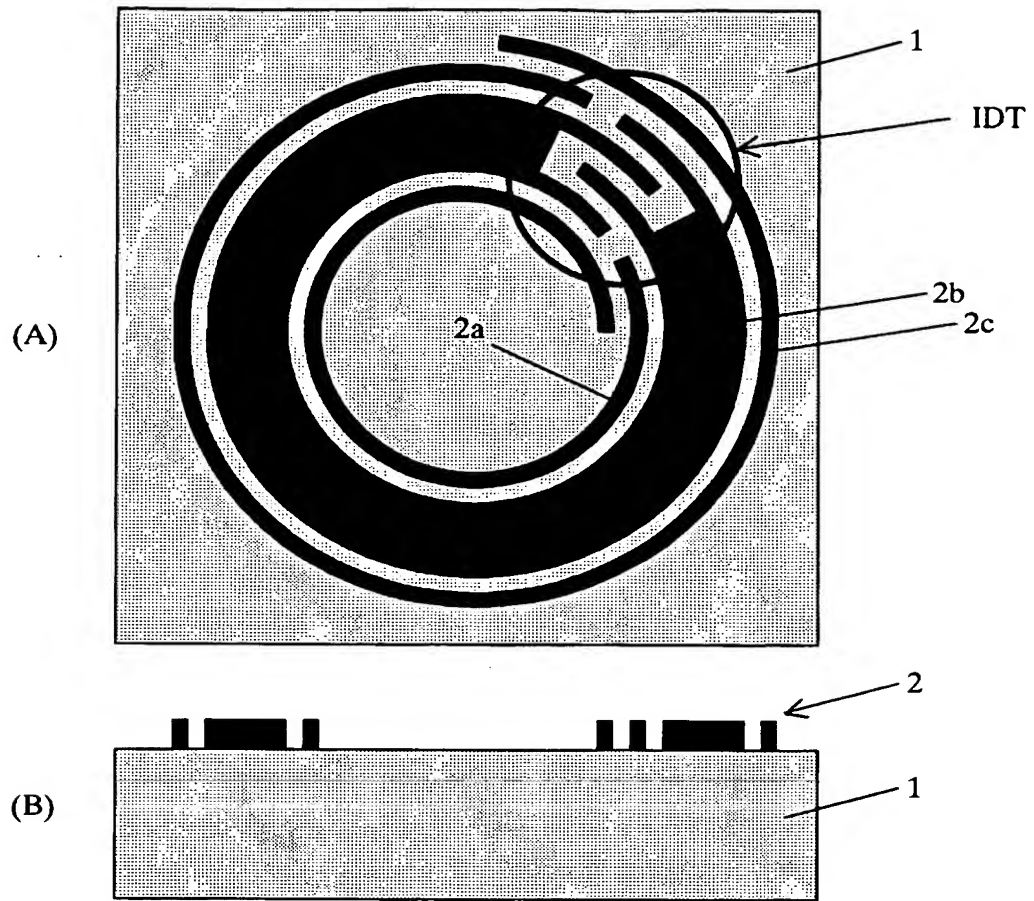
【図 4】



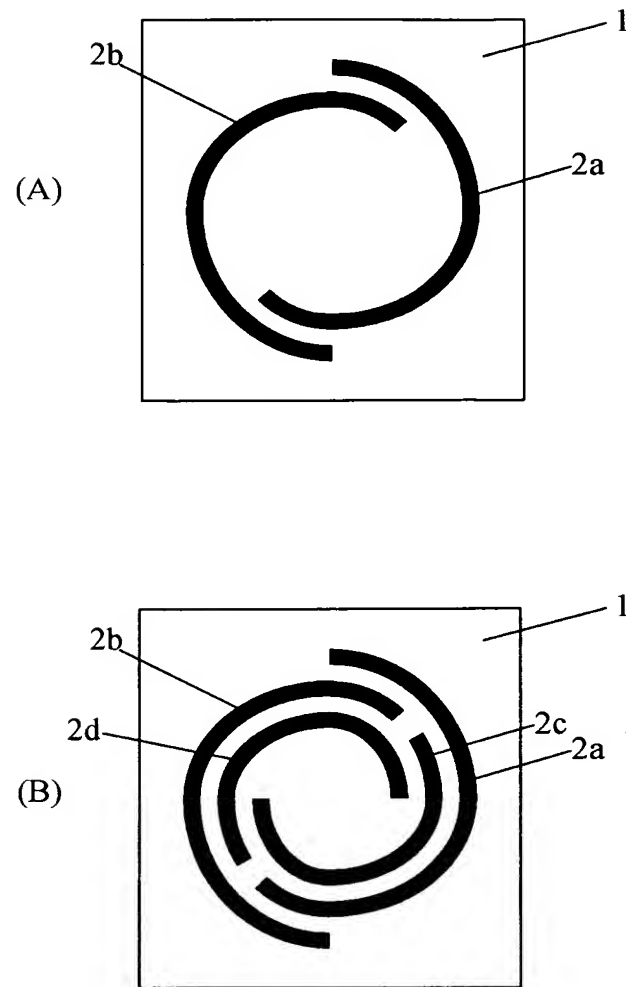
【図 5】



【図 6】

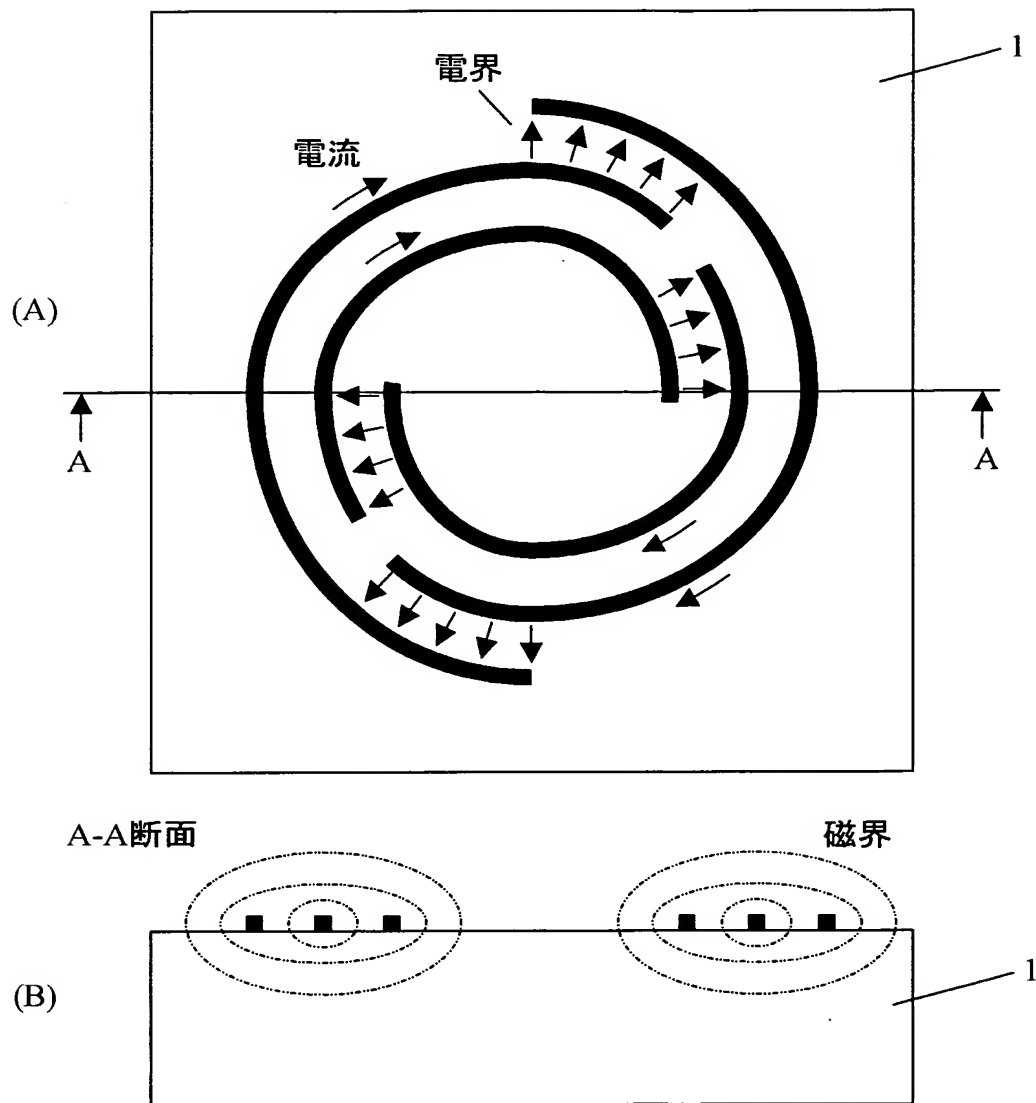


【図 7】

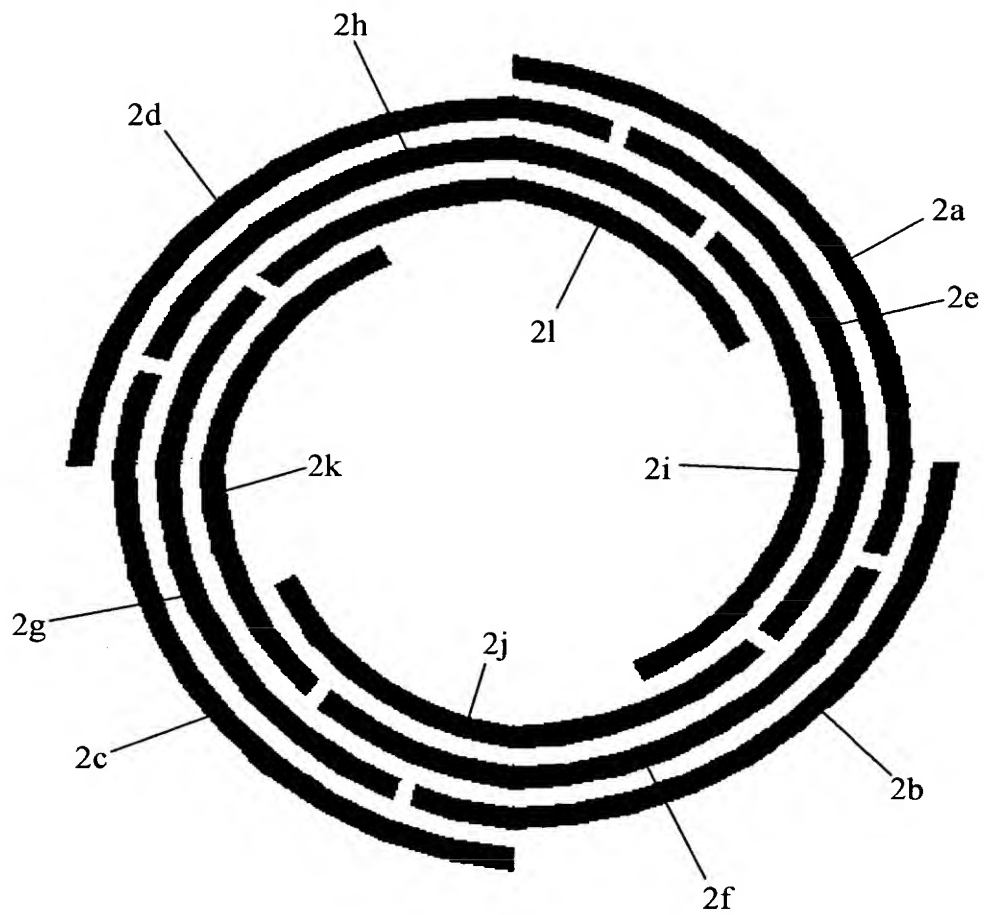




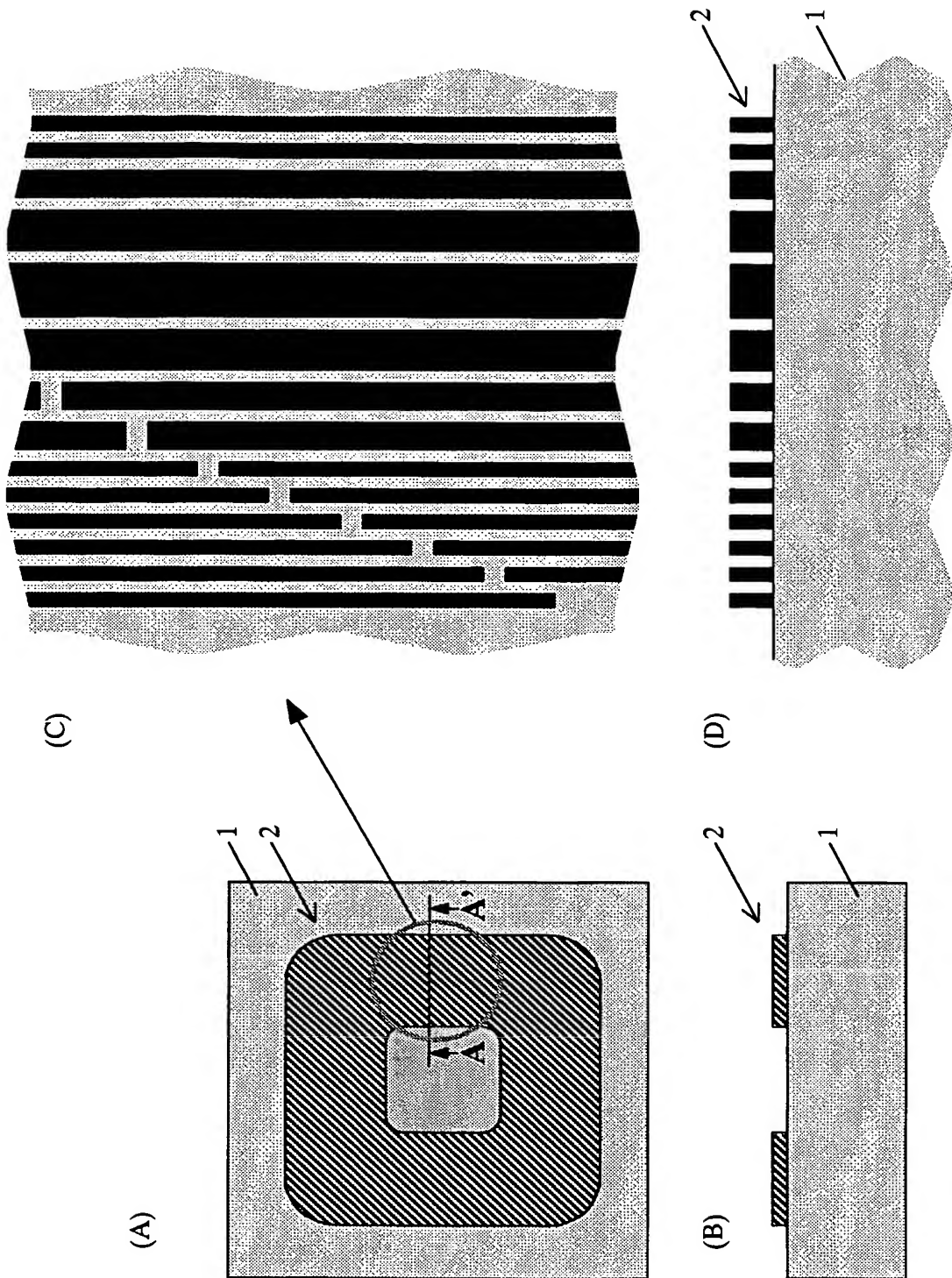
【図 8】



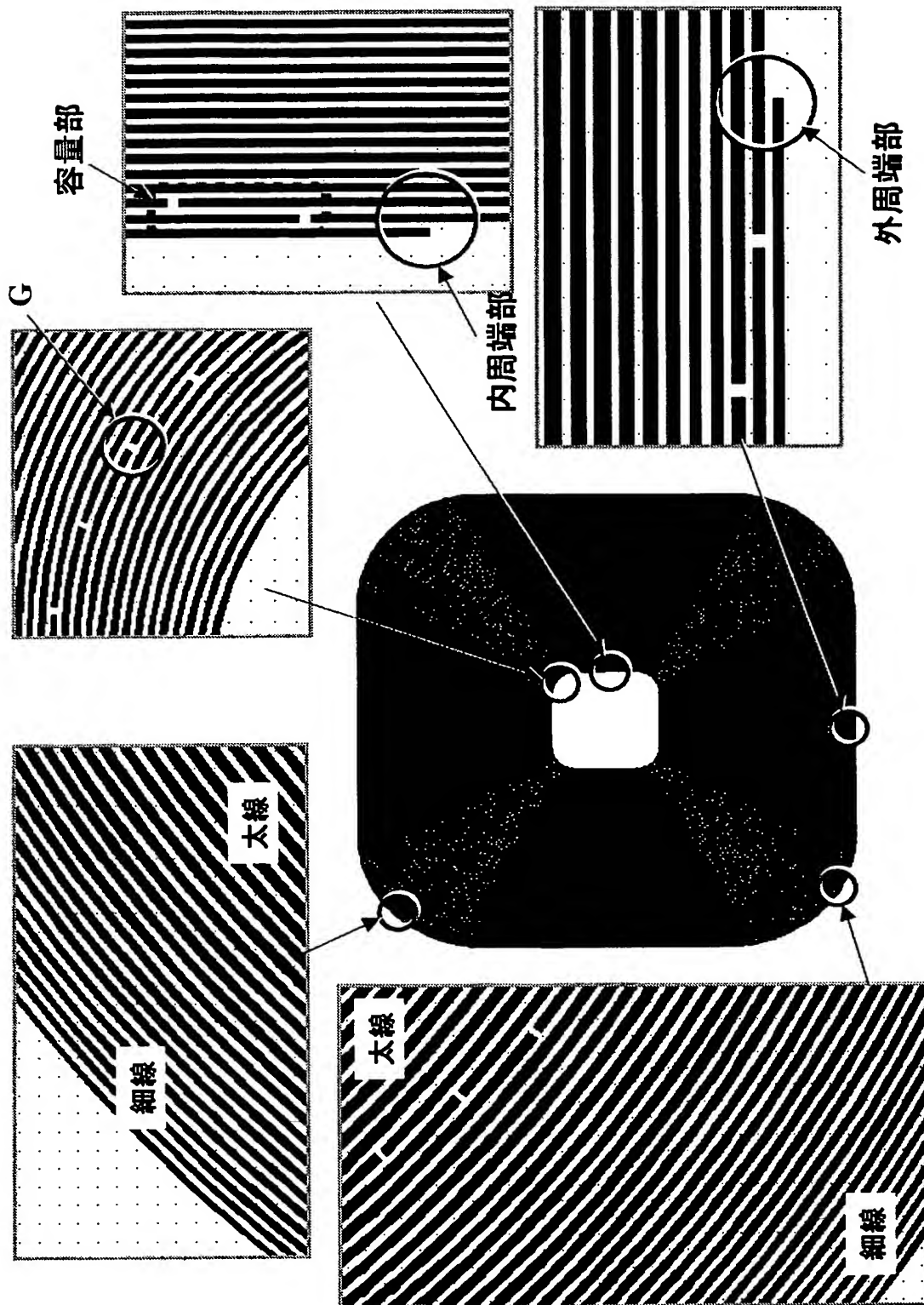
【図 9】



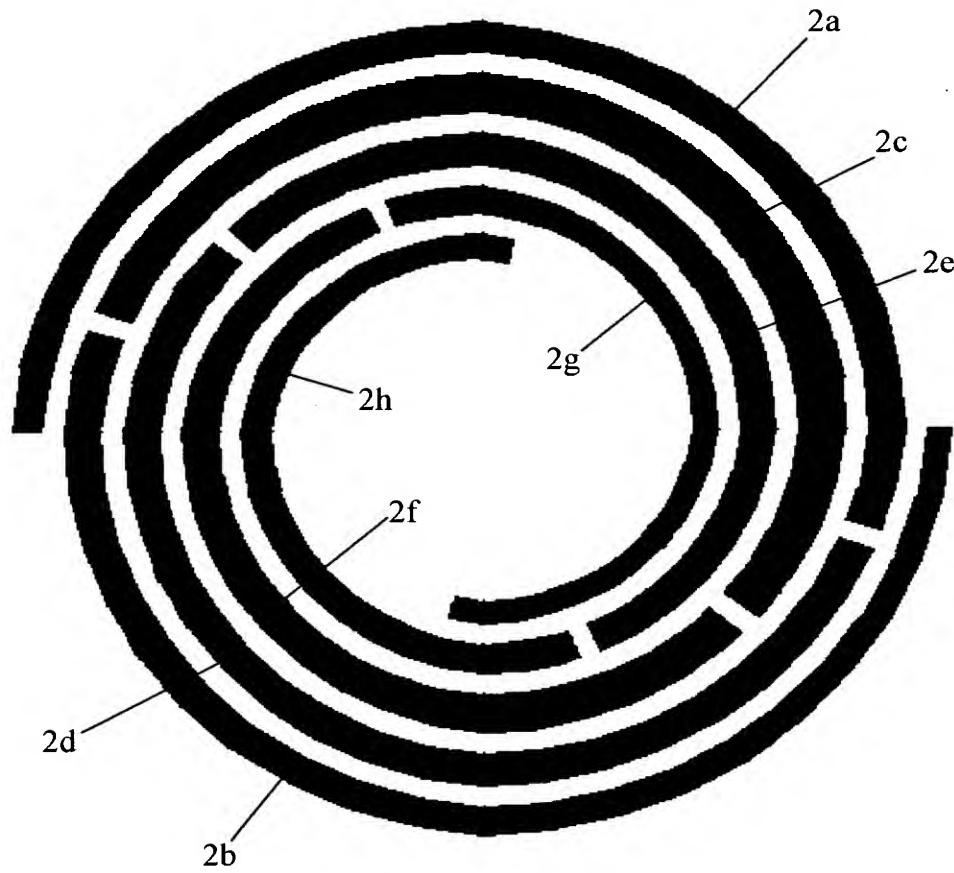
【図 10】



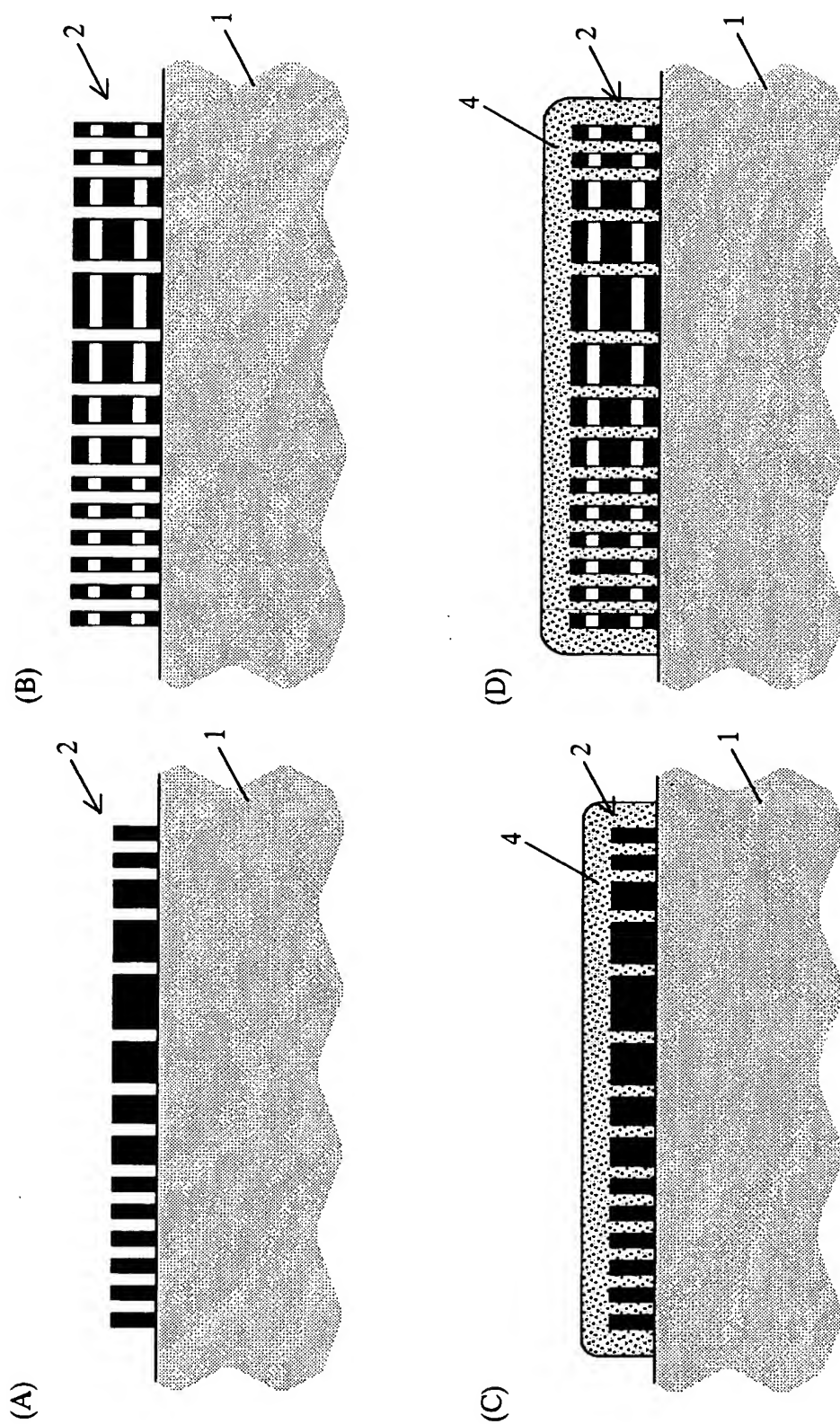
【図 11】



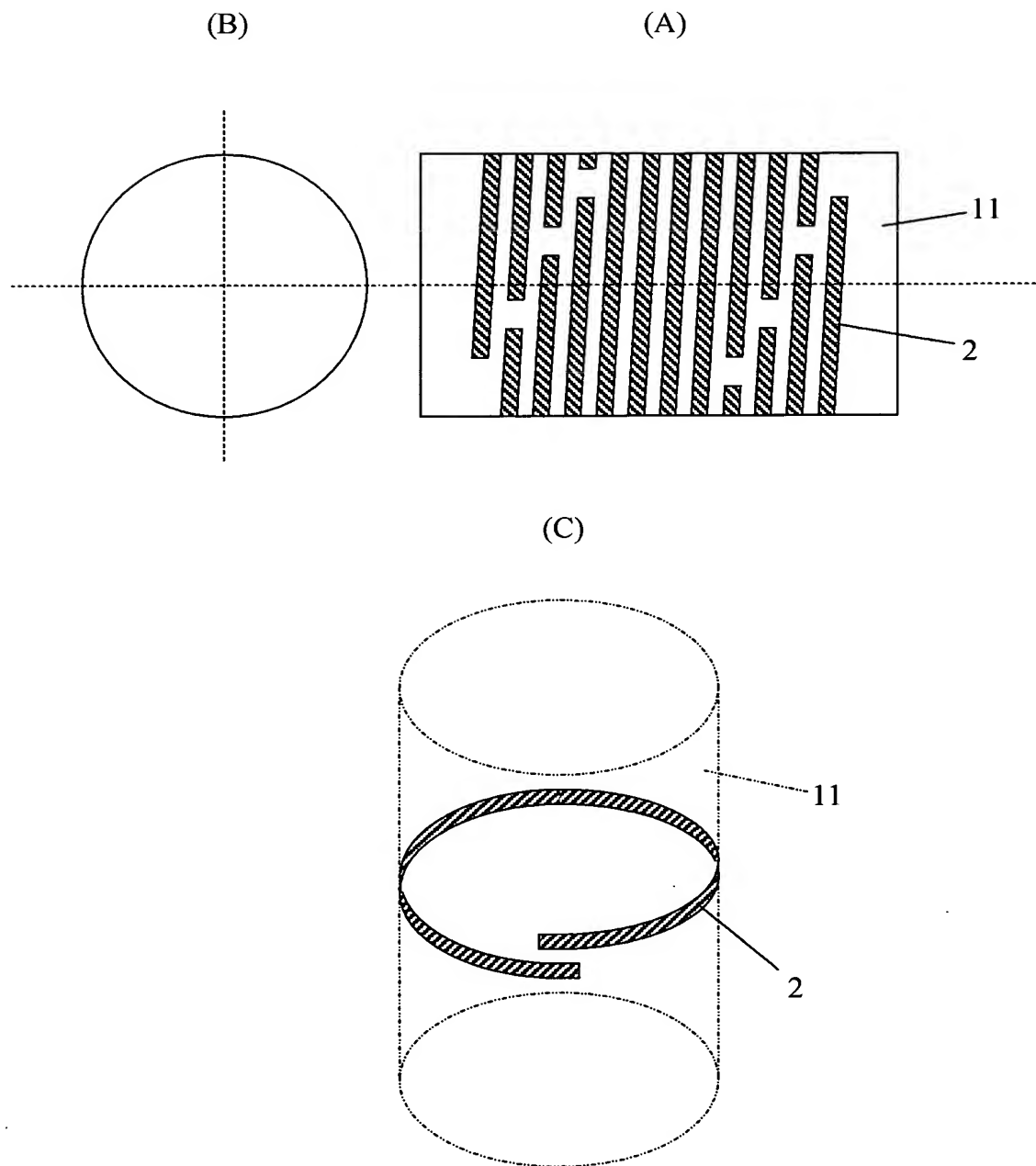
【図 12】



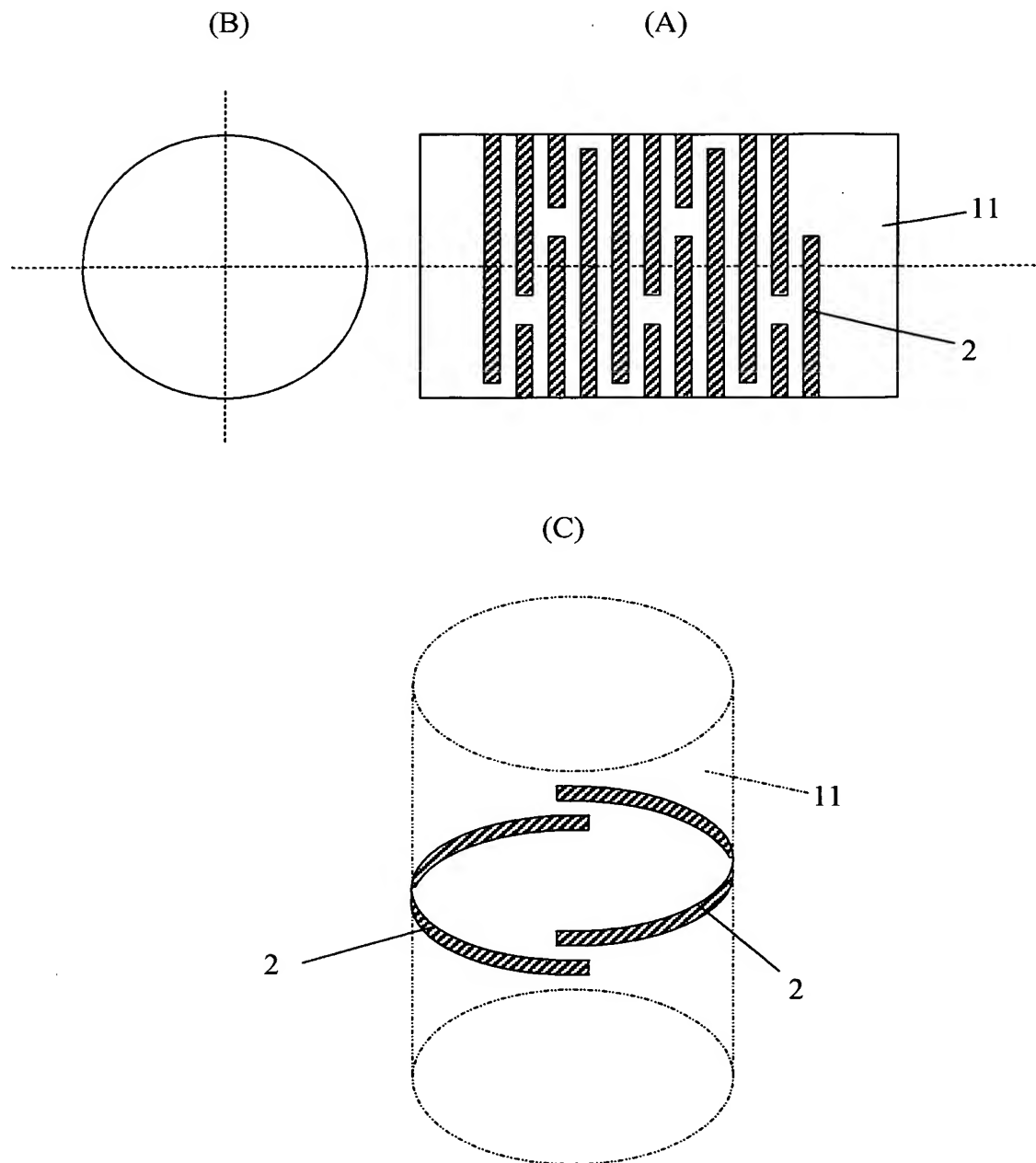
【図 13】



【図 14】

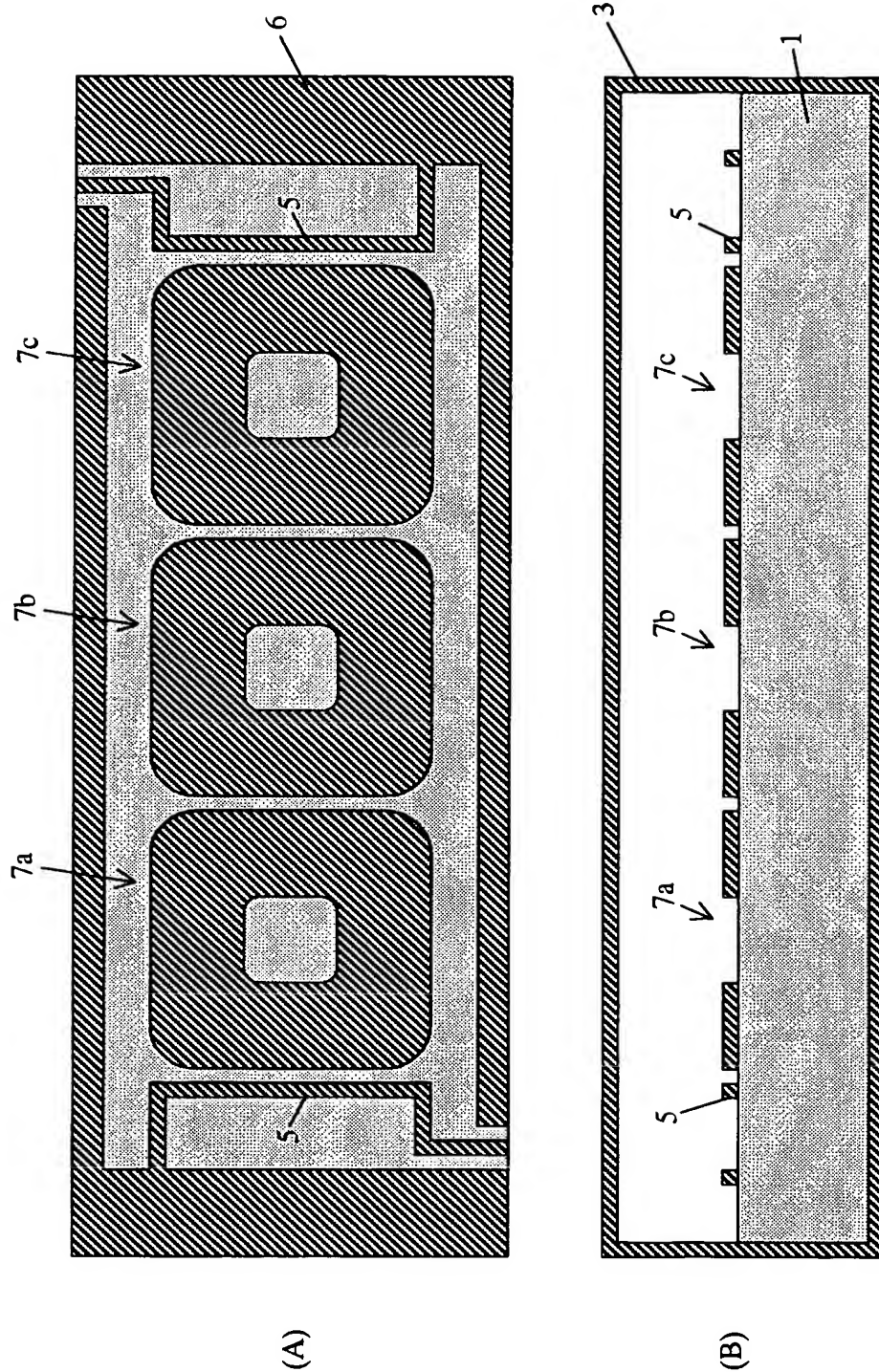


【図 15】

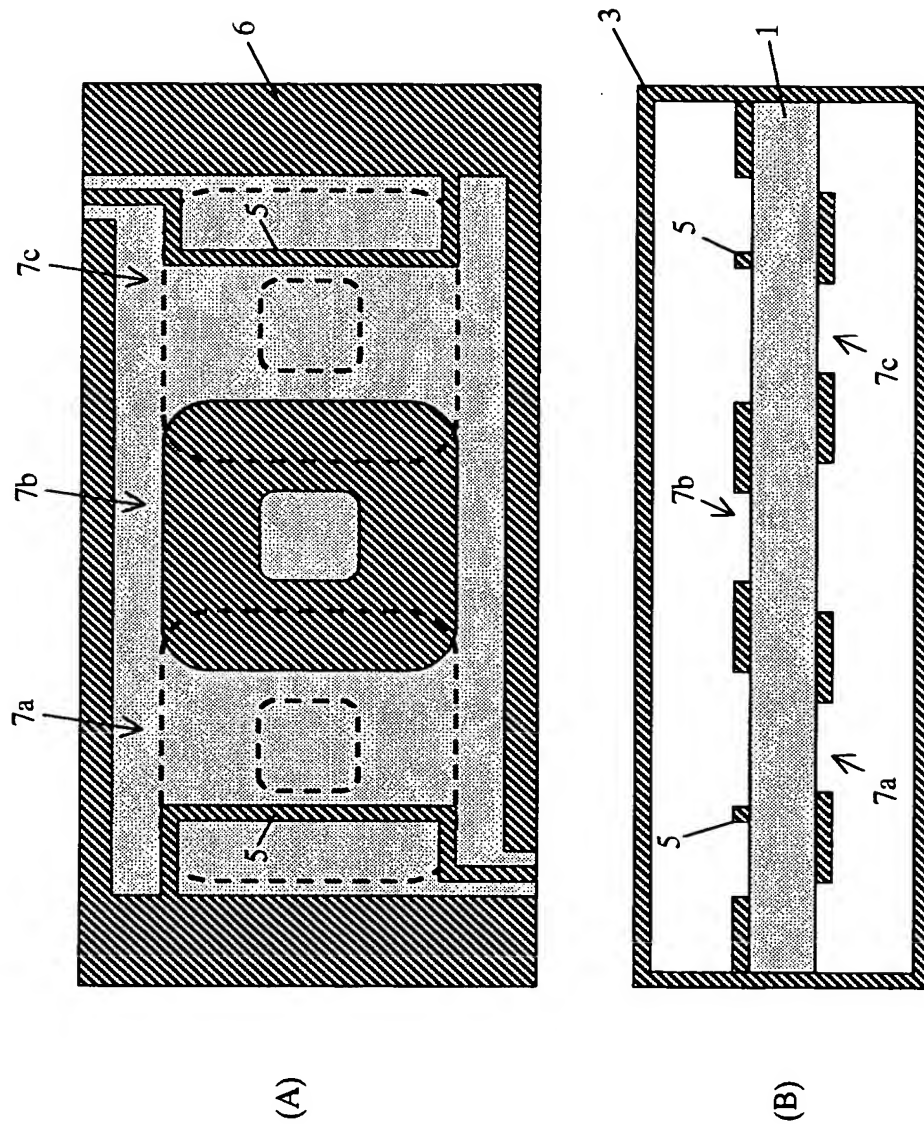




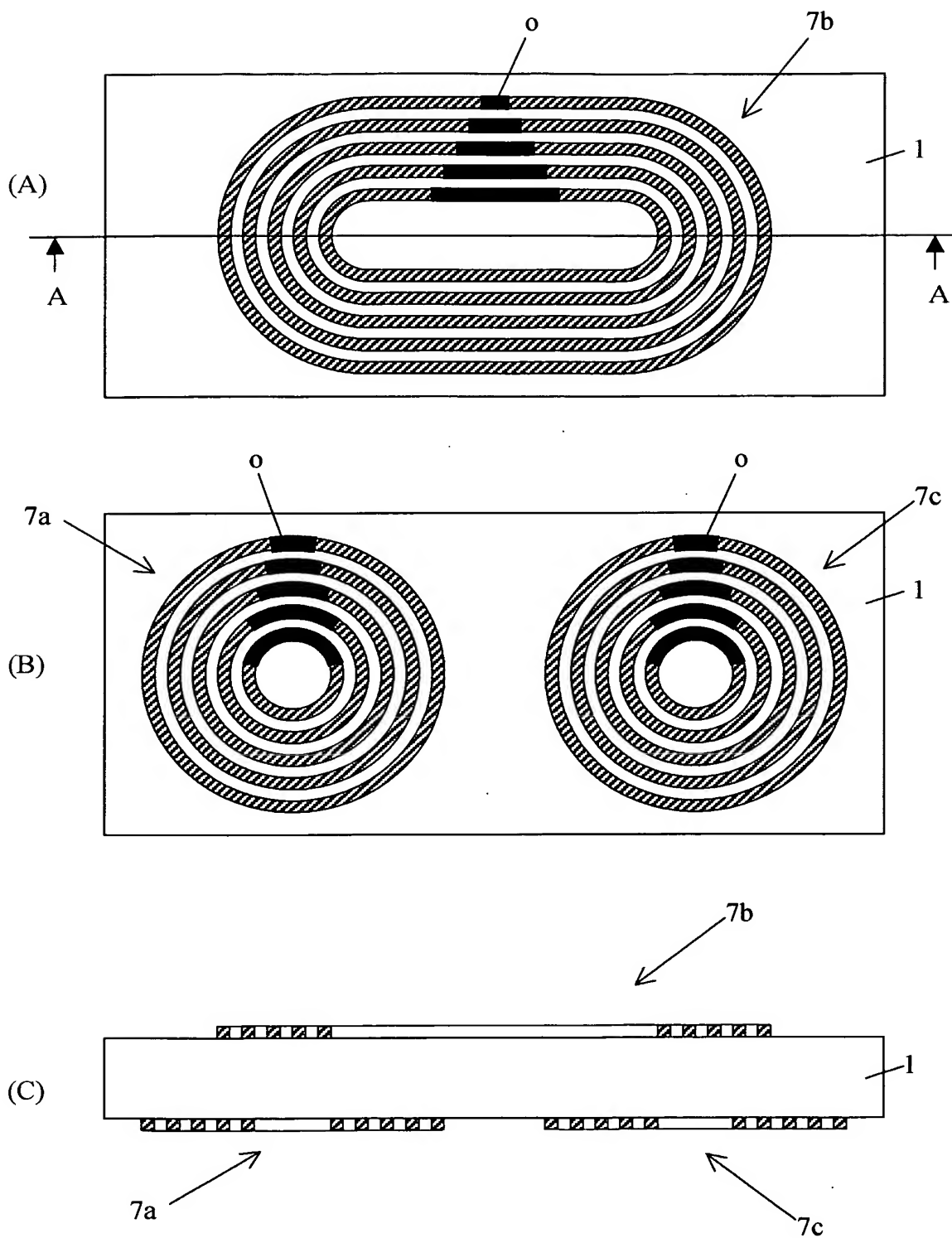
【図 16】



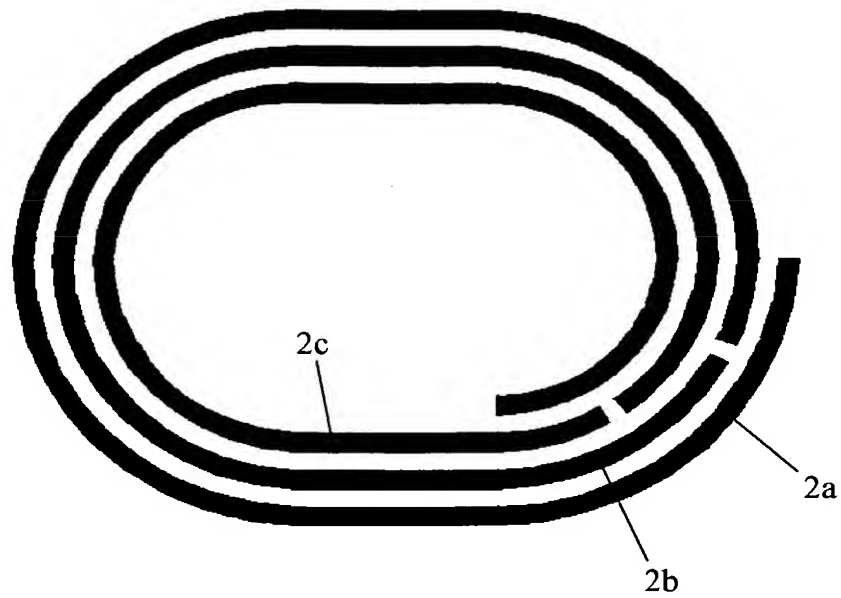
【図 17】



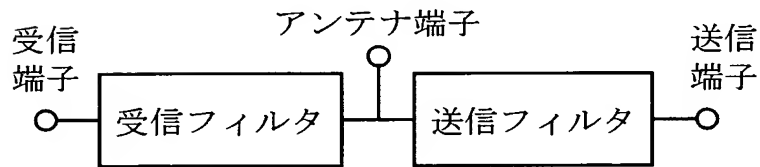
【図 18】



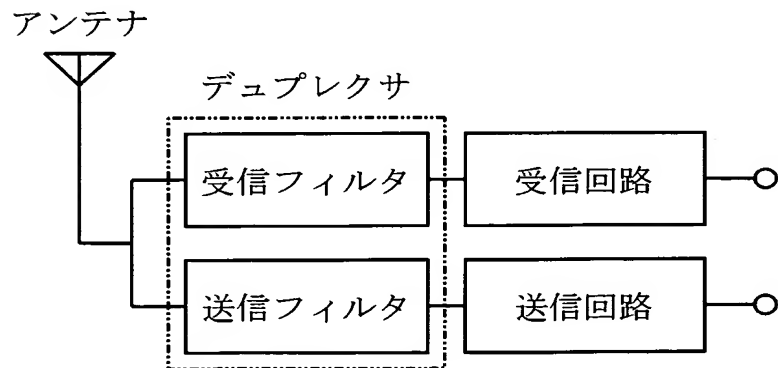
【図 19】



【図 20】



【図 21】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 小型化が容易で、製造コストに見合った高いQ特性を備えた共振器、フィルタ、デュプレクサ、および通信装置を提供する。

【解決手段】 基板1の上面に各線路が一周以上周回し、線路の両端同士が互いに幅方向に近接したステップリングを構成し、そのステップリングを同心円状に多重化する。これにより、線路の両端間の近接部分を容量性領域、その他の部分を誘導性領域として作用させ、両端開放の半波長共振器として動作させる。また、基板を挟んで線路に対向する面には接地電極を不要として、構成要素の極めて少ない構造で、共振器を構成する。

【選択図】 図4

特願 2 0 0 2 - 3 3 4 2 2 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 0 6 2 3 1 ]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 2 8 日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 京都府長岡京市天神二丁目 2 6 番 1 0 号  
氏 名 株式会社村田製作所
2. 変更年月日 2 0 0 4 年 1 0 月 1 2 日  
[変更理由] 住所変更  
住 所 京都府長岡京市東神足 1 丁目 1 0 番 1 号  
氏 名 株式会社村田製作所

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**